Agricultural Sci. J. 50 : 3 (Suppl.) : 32-35 (2019) ว. วิทย. กษ. 50 : 3 (พิเศษ) : 32-35 (2562)

ผลของการฉายลำอิเล็กตรอนต่อสีเปลือกของมะนาวพันธุ์แป้นในระหว่างการเก็บรักษา

Effects of Electron Beam Irradiation on Peel Color of Lime cv. Paan During Storage

รัชชกร พวงศรี[1] สุกัญญา เอี่ยมลออ[3] อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1,2] วาริช ศรีละออง[1,2] เหนือตะวัน ธำรงสิริภาคย์[4]
ไพบูลย์ โกวิทเจริญกุล[4] และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1,2]
Ratchagon Pongsri[1], Sukanya Aiamla-or[3], Apiradee Uthairatanakij[1,2], Varit Srilaong[1,2], Nuatawan Thamrongsiripak[4],
Paiboon Kovitcharoenkul[4] and Pongphen Jitareerat[1,2]

Abstract

Lime is a popular crop used in Thai cooking. The change of lime peel from green to yellow color is the main problem during the postharvest period which is unacceptable from consumers. Thus, the objective of this research was to study the effect of electron beam (E-beam) irradiation at the dose of 0 (control), 0.25 and 1 kGy on the peel color and some quality of lime fruit cv. Paan during stored at 13°C for 30 days. The results found that E-beam irradiation at 1 kGy could delay the color change of peel (L*, a*, Hue angle) and total chlorophyll content in compared with the control fruit. In addition, it was found that E-beam irradiation induced the accumulation of total ascorbic acid content. However, E-beam irradiation had the negative effects by stimulating the respiration rate that leaded to high weight loss. Therefore, E-beam irradiation may be an alternative method for delaying the color change of lime peel but its application should be cooperated with other postharvest technologies to reduce weight loss.

Keywords: electron beam, lime, chlorophyll

บทคัดย่อ

มะนาวเป็นพืชที่นิยมใช้ในการประกอบอาหารไทย แต่ปัญหาของมะนาวภายหลังการเก็บเกี่ยว คือ สีเปลือกของมะนาวเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นเหลืองในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคไม่ต้องการ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฉายลำอิเล็กตรอนที่ระดับ 0 (ชุดควบคุม) 0.25 และ 1 กิโลเกรย์ ต่อคุณภาพของมะนาวพันธุ์แป้นในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน ผลการศึกษาพบว่า การฉายลำอิเล็กตรอนที่ระดับ 1 กิโลเกรย์ ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก (L*, a*, Hue angle) และชะลอการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเมื่อเทียบกับชุดควบคุม และการฉายลำอิเล็กตรอนมีผลช่วยกระตุ้นการสะสมปริมาณวิตามินซีทั้งหมด อย่างไรก็ตาม การฉายลำอิเล็กตรอนมีผลกระทบในทางลบ คือ กระตุ้นอัตราการหายใจ ทำให้มะนาวมีการสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้น ดังนั้นการฉายลำอิเล็กตรอนอาจเป็นทางเลือกหนึ่งในการชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกมะนาวแต่ควรมีการใช้ร่วมกับเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก

คำสำคัญ: ลำอิเล็กตรอน มะนาว คลอโรฟิลล์

คำนำ

มะนาวเป็นพืชที่นิยมใช้ในการประกอบอาหารไทยและมีการบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีรสเปรี้ยว กลิ่นหอมที่เป็นเอกลักษณ์ และอุดมไปด้วยสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ทำให้มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในประเทศไทย โดยผลผลิตจะออกสู่ตลาดในช่วงเดือนกรกฎาคมจนถึงกันยายน (Pranamornkith *et al*., 2010) ในการกำหนดคุณค่าทางโภชนาการและการเพิ่มขึ้นของราคาผลผลิตจะขึ้นอยู่กับความเขียวของเปลือก ปัญหาที่สำคัญของมะนาวหลังการเก็บเกี่ยว คือ เปลือกของผล

[1]สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน)
49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียน-ชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150
[1]Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntein),
49 Tientalay 25, Bangkhuntein-Chai tha le Road, Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150, Thailand
[2]ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร 10400
[2]Postharvest Technology Innovation Center, Office of the Higher Education Commission, Bangkok 10400, Thailand
[3]สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา 30000
[3]Division of Crop Production Technology, Institute of Agricultural, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand
[4]สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) 9/9 หมู่ที่ 7 ต.ทรายมูล อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120
[4]Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization) 9/9 Village No. 7, Sai Mun, Ongkharak District, Nakhon Nayok 26120

มะนาวเปลี่ยนสีจากเขียวเป็นเหลือง มีการสูญเสียน้ำหนักสด และการสลายตัวของคลอโรฟิลล์อย่างรวดเร็ว (ฐิฏิมา, 2554) ทำให้มีอายุการจำหน่ายสั้น การใช้ลำอิเล็กตรอนเป็นหนึ่งในวิธีที่อาจจะนำมาปฏิบัติในเชิงพาณิชย์ได้ เนื่องจากใช้ง่าย ไม่มีของเสียเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ใช้พลังงานต่ำ ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม และไม่ก่อให้เกิดรังสีตกค้างในผลผลิต (Cabeza *et al*., 2010) Gomes *et al*. (2008) พบว่า การฉายลำอิเล็กตรอนที่ 3 กิโลเกรย์ สามารถยับยั้งการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในบร็อคโคลี่ ระหว่างเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน จากการวิจัยที่ผ่านมายังไม่พบการศึกษาผลของการฉายลำอิเล็กตรอนต่อคุณภาพของมะนาว ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ความร้อน การใช้สารเคลือบผิว การฉายรังสียูวีบี และวิธีการอื่น ๆ ในการแก้ปัญหาหลังการเก็บเกี่ยวของมะนาว (Wongna *et al*., 2015; Jongsri *et al*., 2011 and Srilaong *et al*., 2011) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาผลของการฉายลำอิเล็กตรอนต่อคุณภาพและการเปลี่ยนสีของผลมะนาวพันธุ์แป้นระหว่างการเก็บรักษา

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้มะนาวพันธุ์แป้นจากสวนเกษตรกร อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ ทำการคัดเลือกผลมะนาวที่มีขนาดผลใกล้เคียงกัน มีสีเขียวสม่ำเสมอ ไม่มีรอยตำหนิ และอาการของโรค นำมาทำความสะอาดด้วยน้ำประปา ตัดแต่งขั้วผลผึ่งให้แห้ง และทำการบรรจุลงในถุงซิปพลาสติก ขนาด 23 x 35 (กว้าง x ยาว) เซนติเมตร ที่มีการเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 เซนติเมตร จำนวน 18 รู/ถุง ขนส่งโดยรถตู้ปรับอากาศไปยังสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) จังหวัดนครนายก เพื่อรับการฉายลำอิเล็กตรอนที่ 0.25 และ 1 kGy ที่อุณหภูมิห้อง ในขณะที่ผลมะนาวที่ไม่ได้รับการฉายลำอิเล็กตรอน คือ ชุดควบคุม ซึ่งในแต่ละชุดการทดลองประกอบด้วย 4 ซ้ำ (ซ้ำละ 10 ผล) เมื่อปฏิบัติการฉายลำอิเล็กตรอนเรียบร้อย จึงขนส่งไปยังห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน วิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และชีวเคมีทุก ๆ 5 วัน ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนักสด การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ปริมาณวิตามินซีทั้งหมด และอัตราการหายใจ

ผล

1. การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของมะนาวพันธุ์แป้น

สีเปลือกของผลมะนาวเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น พบว่า ค่า L* (ค่าความสว่าง) ของเปลือกมะนาวหลังได้รับการฉายลำอิเล็กตรอนมีค่าเพิ่มขึ้น (สว่างมากขึ้น หรือเขียวอ่อนลง) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยระหว่างวันที่ 10-30 ค่า L* ของเปลือกผลในชุดควบคุมมีค่าสูงกว่าเปลือกผลมะนาวฉายลำอิเล็กตรอนที่ 0.25 และ 1 kGy (Figure 1A) ค่า a* (สีเขียว-แดง) ของเปลือกผลในชุดควบคุมและในชุดที่ได้รับลำอิเล็กตรอนมีค่าเพิ่มขึ้นในวันที่ 15-30 ของการเก็บรักษา โดยเปลือกผลชุดควบคุมมีค่า a* มากกว่าเปลือกผลที่ได้รับการฉายลำอิเล็กตรอน (Figure 1B) ส่วนค่า hue angle (โทนสี) ของเปลือกมะนาวมีการลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในระหว่างวันที่ 10-30 เปลือกผลในชุดควบคุมมีค่า hue angle น้อยกว่าผลที่ได้รับการฉายลำอิเล็กตรอนที่ 0.25 และ 1 kGy อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 1C)

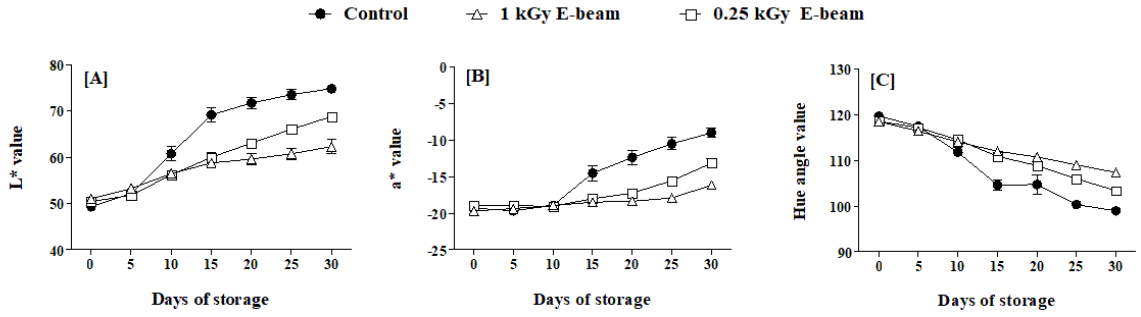

Figure 1 Changes in peel color as indicated by value of L* (A), a* (B) and hue angle (D) of "Paan" lime fruit irradiated with E-beam at 0.25 or 1 kGy compared to non- irradiated fruit (control) during storage at 13ºC.

2. ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดและปริมาณวิตามินซีทั้งหมด

ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในเปลือกของผลมะนาวชุดควบคุมและมะนาวที่ฉายลำอิเล็กตรอนที่ 0.25 และ 1 kGy มีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในวันแรกและวันที่ 20-30 ของการเก็บรักษา ปริมาณคลอโรฟิลล์ของเปลือกผลมะนาว

ที่ฉายรังสีที่ปริมาณ 0.25 และ 1 kGy มีแนวโน้มลดลงช้ากว่าชุดควบคุม แม้ว่าจะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม ยกเว้นวันที่ 25 ของการเก็บรักษา ซึ่งเปลือกผลที่ได้รับการฉายลำอิเล็กตรอนมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมากกว่าชุดควบคุม (Figure 2A) ส่วนปริมาณวิตามินซีทั้งหมดของมะนาวชุดควบคุมและมะนาวที่ฉายลำอิเล็กตรอนที่ 0.25 kGy มีปริมาณค่อนข้างคงที่ (43 mg/100mL Juice) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ขณะที่มะนาวที่ฉายลำอิเล็กตรอนที่ 1 kGy มีปริมาณวิตามินซีทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและสูงสุดในวันที่ 25 ก่อนที่จะลดลงในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดยทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Figure 2B)

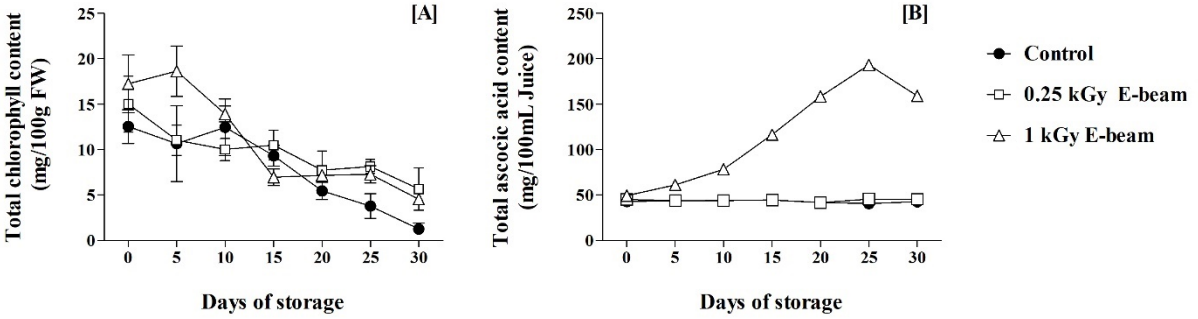

Figure 2 Changes in total chlorophyll (A) and total ascorbic acid (B) contents of “Paan” lime fruit irradiated with E-beam at 0.25 or 1 kGy compared to non- irradiated fruit (control) during storage at 13°C.

3. การสูญเสียน้ำหนักสดและอัตราการหายใจ

การสูญเสียน้ำหนักสดของมะนาวในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา มะนาวที่ฉายลำอิเล็กตรอนที่ 1 kGy มีการสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุด แต่ในวันที่ 15-30 ของการเก็บรักษา พบว่า แต่ละชุดการทดลองมีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Figure 3A) อัตราการหายใจของมะนาวมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบว่า การฉายลำอิเล็กตรอนทำให้อัตราการหายใจของมะนาวเพิ่มสูงขึ้นตั้งแต่วันแรกของการเก็บรักษา โดยเฉพาะมะนาวที่ฉายลำอิเล็กตรอนที่ปริมาณ 1 kGy มีอัตราการหายใจมากที่สุด รองลงมา คือ มะนาวที่ฉายลำอิเล็กตรอนที่ 0.25 ซึ่งในวันที่ 5-25 ของการเก็บรักษา อัตราการหายใจของผลมะนาวที่ฉายลำอิเล็กตรอนมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม (Figure 3B)

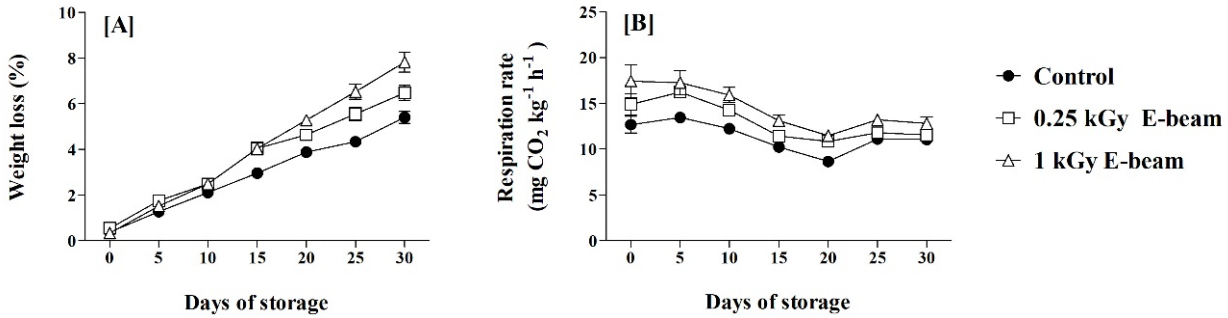

Figure 3 Change in weight loss (A) and respiration rate (B) of “Paan” lime fruits irradiated with electron beam at 0.25 or 1 kGy compared to non- irradiated fruit (control) during storage at 13°C

วิจารณ์ผล

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกจากสีเขียวเป็นสีเหลืองของมะนาวในระหว่างการเก็บรักษาเป็นปัญหาสำคัญที่มีผลกระทบต่อการเลือกซื้อผลมะนาว จึงจำเป็นต้องหาวิธีแก้ไข งานวิจัยที่ผ่านมารายงานว่า การใช้รังสียูวี (บีและซี) สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของบร็อคโคลี่ โดยรังสีมีผลทำให้เอนไซม์ chlorophyllase, Mg-dechelatase และ chlorophyll-degrading peroxidase ทำงานช้าลง (Aiamla-or *et al*., 2010; Costa *et al*., 2006) ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า การใช้ลำอิเล็กตรอนทำให้เปลือกมะนาวมีการพัฒนาจากสีเขียวเป็นสีเหลืองช้าลง โดยชะลอการเปลี่ยนแปลง ค่า L* (ค่าความสว่าง) ค่า a* (สีเขียว-แดง) ค่า hue angle (โทนสี) และชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในเปลือกมะนาว อาจเป็นไปได้ว่า การฉายลำอิเล็กตรอนมีผลต่อเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Srilaong *et al*. (2011) ที่ใช้รังสียูวีบีชะลอการ

สลายตัวของคลอโรฟิลล์ในเปลือกมะนาวได้ นอกจากนี้ พบว่าการฉายลำอิเล็กตรอนที่ปริมาณสูงสุด (1 kGy) มีผลทำให้ปริมาณวิตามินซีทั้งหมดของมะนาวเพิ่มสูงขึ้น ขณะที่มะนาวที่ได้รับการลำอิเล็กตรอนที่ปริมาณ 0.25 kGy และชุดควบคุมมีปริมาณวิตามินซีทั้งหมดค่อนข้างคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Gomes *et al*. (2008) พบว่าการฉายลำอิเล็กตรอนที่ปริมาณ 3 kGy ทำให้ระดับวิตามินซีในบร็อคโคลี่เพิ่มขึ้นอย่างเฉียบพลัน ทั้งนี้เนื่องจากพืชเกิดความเครียดจากการที่ได้รับลำอิเล็กตรอน และสอดคล้องกับการศึกษาของ Boonkorn and Haruthai (2018) กล่าวว่า ต้นอ่อนทานตะวันจะสร้างวิตามินซีมากขึ้นเมื่อได้แสงอัลตราไวโอเลต เป็นเพราะแสงอัลตราไวโอเลตสร้างความเครียดให้กับต้นอ่อนทานตะวัน ทำให้ต้นอ่อนทานตะวันเกิดอนุมูลอิสระ จึงต้องกำจัดด้วยการสร้างวิตามินซีเพิ่มขึ้น มะนาวที่ฉายลำอิเล็กตรอนมีการสูญเสียน้ำหนักสดและอัตราการหายใจสูงกว่ามะนาวชุดควบคุม เนื่องจากการฉายลำอิเล็กตรอนมีผลต่อกระตุ้นอัตราการหายใจของมะนาว ทำให้เกิดการคายน้ำมากขึ้น ส่งผลให้มะนาวมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นด้วย โดย Kaewsuksaeng (2011) รายงานว่า มะนาวมีการสูญเสียน้ำที่เกิดจากการหายใจโดยการแพร่ออกทางช่องเปิดธรรมชาติที่เรียกว่า stomata ทำให้น้ำหนักผลผลิตลดลง

สรุป

การฉายลำอิเล็กตรอนที่ปริมาณ 0.25 และ 1 kGy ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกผลและยังช่วยชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในเปลือกผลมะนาวได้ดีกว่ามะนาวที่ไม่ได้รับการฉายลำอิเล็กตรอน (ชุดควบคุม) แต่มีผลทำให้ผลมะนาวมีอัตราการหายใจสูงขึ้นและมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการฉายลำอิเล็กตรอนที่ปริมาณ 1 kGy มีผลทำให้ปริมาณวิตามินซีทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและรวดเร็วมากกว่าทรีตเมนต์อื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ทุนเพชรพระจอมเกล้ามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่สนับสนุนทุนการศึกษาให้กับนักวิจัยท่านแรก และขอขอบคุณ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่ให้ใช้เครื่องฉายลำอิเล็กตรอนบีมในการทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ฐิฏิมา ช้างทอง. 2554. ผลของ 1-methylcyclopropene ต่อการสูญเสียคลอโรฟิลล์ของเปลือกมะนาวพันธุ์แป้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 143 หน้า.

Aiamla-or, S., S. Kaewsuksaeng, M. Shigyo and N. Yamauchi. 2010. Impact of UV-B irradiation on chlorophyll degradation and chlorophyll-degrading enzyme activities in stored broccoli (*Brassica oleracea* L. Italica Group) florets. Food Chemistry 110: 645-651.

Boonkorn, P. and T. Haruthai. 2018. Activation of antioxidant capacity and some antioxidants in sunflower sprouts by ultraviolet light. Khon Kaen Agriculture Journal 1: 1248-1253.

Cabeza, M.C., M.I. Cambero, M. Nunez, M. Medina, L. de la Hoz and J.A. Ordonez. 2010. Lack of growth of *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* in temperature abuse of E-beam treated ready-to-eat (RTE) cooked ham. Food Microbiology 27: 777–782.

Costa, M.L., P.M. Civello, A.R. Chaves and G.A. Martinez. 2006. Hot air treatment decreases chlorophyll catabolism during postharvest senescence of broccoli (*Brassica oleracea* L. var. italica) heads. Science of Food and Agriculture 86: 1125-1131.

Gomes, C., P. Da Silva, E. Chimbombi, J. Kim, E. Castell-Perez and R.G Moreira. 2008. Electron-beam irradiation of fresh broccoli heads (*Brassica oleracea* L. *italica*). Food Science and Technology 41: 1828-1833.

Jongsri, P., T. Wangsomboomdee and K. Seraypheap. 2011. Use of chitosan to prolong postharvest storage of lime under different-conditions. Agricultural Science 42: 13-16.

Kaewsuksaeng, S. 2011. Chlorophyll degradation in horticultural crops. Walailak Journal Science and Technology 8: 9-19.

Pranamornkith, T., A.J. Mawson and J.A. Heyes. 2010. Effects of CA and alternative postharvest treatments on quality of lime (*Citrus latifolia* Tanaka) fruit. Acta Horticulturae 857: 305-312.

Wongna, N., N. Tatmala and S. Kaewsuksaeng. 2015. Heat treatment delays peel yellowing and maintain postharvest quality in lime fruit (*Citrus aurantifolia* Swingle cv. Pichit1). Agricultural Science 46: 239-242.

Srilaong, V., S. Aiamla-or, A. Soontornwat, M. Shigyo and N. Yamauchi. 2011. UV-B irradiation retards chlorophyll degradation in lime (*Citrus latifolia* Tan.) fruit. Postharvest Biology and Technology 59: 110-112.